

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
Orthodontische Abteilung: Prof. Dr. med. Rud. Hotz

Die wiederholte Darstellung des Kiefergelenkes in deckungsgleichen Röntgenbildern

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

Heinz Bräuer

von Zürich (Zürich)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. Rud. Hotz

ZÜRICH 1949

BUCHDRUCKEREI KOPP-TANNER SÖHNE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507221_0030

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
Orthodontische Abteilung: Prof. Dr. med. Rud. Hotz

Die wiederholte Darstellung des Kiefergelenkes in deckungsgleichen Röntgenbildern

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

Heinz Bräuer

von Zürich (Zürich)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. Rud. Hotz

ZÜRICH 1949

BUCHDRUCKEREI KOPP-TANNER SÖHNE



Uebersicht:

I. Aufgabe, Ziel und Zweck	5
II. Die Technik der Herstellung vergleichbarer Röntgen- aufnahmen des Schädels. Literaturübersicht . .	6
1. Die sagittale Aufnahme	6
2. Die schräge Gelenkaufnahme	8
III. Eigene Untersuchungen	
1. Anatomische Voraussetzungen	10
2. Wachstumsphysiologische Voraussetzungen . .	11
3. Röntgenologische Grundlagen	13
4. Festlegung der Richtung des Zentralstrahles .	14
5. Apparatur	
A. Vorhandene Einrichtungen	16
B. Konstruktion des Richtgerätes	17
a) Fassen des Schädels	17
b) Verbindung zur Bildebene	18
6. Arbeit am Patienten	
A. Herstellung der Gipskopfkappe	22
B. Angipsen des Einstellgerätes	24
C. Die eigentliche Aufnahme	27
7. Die Auswertung der Bilder	29
8. Grenzen der Genauigkeit, Fehlerquellen, Korrek- turen	33
9. Anwendungsmöglichkeiten	37
IV. Zusammenfassung	38

I. Aufgabe, Ziel und Zweck

Die Versuche, exakt bestimmte Schädelaufnahmen herzustellen, datieren auf Anfang dieses Jahrhunderts zurück (Schüller 1905).

Die erste Forderung bestand darin, die besten Projektionslinien für den Zentralstrahl zur Darstellung des gewünschten Schädelabschnittes zu finden. Bald schon erkannte man den Wert, den vergleichbare Bilder haben zur Erfassung krankhafter Veränderungen. Vor allem Amerikaner konstruierten zu diesem Zweck Einstellapparaturen, die aber einen großen Aufwand an Raum und Mitteln erforderten. Außerdem hatten die Konstrukteure mehr im Auge, die einmal herausgefundene günstigste Projektionsrichtung für den Zentralstrahl auch auf andere Fälle anwenden zu können. Das Einstellgerät sollte also die Möglichkeit geben, bei mehreren Patienten (z. B. für Reihenuntersuchungen) die gleiche Projektion zu finden.

Eine spezielle Aufgabe stellt in der Orthodontie die Behandlung der recht häufigen Distalbißfälle dar. Mit verschiedenen Mitteln wird hier versucht, die extreme Distallage des Unterkiefers in eine funktionell und kosmetisch günstigere Vorbißstellung zu verwandeln. Der Unterkiefer wird künstlich zu einer Vorbißbewegung gezwungen und fixiert sich, bei günstigem Behandlungserfolg, durch Verzahnung in der neuen Lage. Diese neue Stellung der Zahnreihen zueinander bedingt zwangsläufig auch eine neue Stellung der Gelenkanteile gegeneinander. Diese besteht sowohl in der Ruhelage als auch in der Bewegung und bringt auch ein neues Gleichgewicht der Kräfte, die auf das Gelenk wirken, mit sich.

Die verschiedenen Anteile des Gelenkes, wie Knochen, Discus, Kapsel usw., müssen sich an die neuen Verhältnisse angleichen. Vor allem wird sich ein Umbau am Knochen finden lassen, sei es, daß sich Form und Lage des Gelenkköpfchens oder des collum mandibulae, sei es, daß sich die fossa articularis oder das tuberculum articulare irgendwie verändern.

Die Art und das Ausmaß dieser Veränderungen sind bis jetzt noch nicht genau untersucht worden. Es stehen uns auch nur wenige Wege offen, um Einsicht in das Gelenk zu bekommen, wie z. B. die Gelenkbahnmessungen nach Gysi. Wir besitzen eigentlich nur durch die Röntgen-Aufnahme die Möglichkeit, an Lebenden Veränderungen in dieser Region festzustellen. Verschiedene günstige Ein-

stellrichtungen zur Darstellung des Kiefergelenkes sind seit langem bekannt.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, eine Methode zu finden, die es erlaubt, ohne zu großen materiellen und räumlichen Aufwand, die einmal gewählte Einstellung am gleichen Patienten mehrere Male genau zu rekonstruieren. Die Methode soll die Möglichkeit geben, vor der Distalbißbehandlung ein Anfangsbild und nach durchgeführter Behandlung ein Schlußbild herzustellen. Da beide Bilder genau die gleiche Einstellung haben, überdecken sie sich und es lassen sich direkte Vergleiche anstellen über die Veränderungen, die im Gelenk stattgefunden haben. Zwischen Anfangs- und Schlußbild lassen sich beliebig viele Zwischenaufnahmen einschalten, um die verschiedenen Phasen der Umbildung darzustellen.

II. Die Technik der Herstellung vergleichbarer Röntgenaufnahmen des Schädels

L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Man kann zwei Gruppen von Schädelaufnahmen unterscheiden, bei denen versucht wurde, die Einstellung durch eine Apparatur festzulegen:

1. die sagittale Aufnahme
2. die schräge Gelenkaufnahme

1. die sagittale Aufnahme:

In diese Gruppe möchten wir alle Aufnahmen zusammenfassen, bei denen der Schädel durch ein Gerät gegenüber der Filmebene so fixiert wird, daß die caudo-craniale Körperachse in jeder Aufnahmestellung parallel zur Filmebene verläuft. Hieher gehören die rein sagittalen Aufnahmen wie sie von Broadbent, Hofrath und andern für ihre Fernröntgenbilder zur Profilbeurteilung verwendet wurden. Es gehören dazu aber auch alle Aufnahmen, bei denen die Bildebene um diese zentrale Körperachse gedreht ist, das heißt auch frontale Aufnahmen.

Wegen der Ueberdeckung der Gelenkabbildung durch die Schatten der Schädelbasis lassen sich saubere Gelenkaufnahmen auf diesem Wege aber nicht herstellen. Diese Art Aufnahmen interessieren uns nur insofern, weil verschiedene Autoren spezielle Apparaturen konstruierten, um den Schädel zu fassen und ihn relativ zum Zentralstrahl und zur Filmbene festzuhalten. Sie legten zuerst fest, daß die Frankfurter Horizontalebene waagrecht gestellt werden müsse, schlossen aber mit dieser Forderung alle Schrägaufnahmen automatisch aus, weil auch die Richtung des Zentralstrahles parallel zu dieser Ebene angeordnet wurde. Den Schädel fixieren sie gegenüber dem Zentralstrahl, indem sie ihn durch Pelotten feststellen oder bestimmte Markierungspunkte durch Zeiger anvisieren.

Schmuziger und Hotz benützen beim „Zürcher Photostaten“ Ohrkanalstifte und Visierzeiger, um die Kopfstellung festzulegen.

Margolis führt gleicherweise dicke Stifte in den äußeren Ohrkanal ein. Diese Stifte sitzen an Bügeln, welche sich simultan schließen lassen. Vor dem Einspannen wird mittels einer Meßlehre, deren Enden die gleichen Dimensionen wie die Ohrkanalstifte aufweisen, der Abstand der beiden Stifte festgestellt, wenn sie mit leichtem Druck in den Ohrkanal eingeführt sind. Die Apparatur wird bei jeder Einstellung auf die gleiche Distanz zusammengeschraubt. Die beiden Stifte legen den Schädel in einer Achse fest. Diese Achse ist waagrecht eingestellt und fällt bei reiner Sagittaleinstellung mit der Richtung des Zentralstrahles zusammen.

Der Kopf wird nun um diese Achse so lange gedreht, bis die Frankfurter Horizontale waagrecht steht. Praktisch wird das so durchgeführt, daß das knöcherne Orbitale palpiert und als Hautpunkt angezeichnet wird. An der Apparatur befindet sich ein sogenannter Orbitalzeiger, dessen Spitze mit den Spitzen der beiden Ohrkanalstifte die Frankfurter Horizontalebene markiert. Stellt man den Orbitalpunkt mit der Spitze des Orbitalzeigers auf gleiche Höhe, liegt auch die Frankfurter Horizontalebene des Schädels waagrecht.

Dowell und Higley fixierten den Schädel auf ähnliche Art, nur verwendeten sie weniger komplizierte Apparaturen.

Higley stellte die Frankfurter Horizontale waagrecht ein und fixierte den Schädel dann durch eine Pelotte im Nasensattel.

Bei allen diesen Einstellungen ist wohl die Fixierung durch die Ohrkanalstifte eindeutig, es wird dadurch aber nur eine Achse durch den Schädel festgelegt. Die Feststellung im Raum erfolgt durch Zeiger oder Pelotten, welche für jeden Fall wieder neu gerichtet und auf die individuelle Höhe gebracht werden müssen. Für reine Sagittalaufnahmen mag dies genügen, für Schrägaufnahmen ist diese Festlegung im Raum nicht eindeutig genug. Die Ohrkanalstifte ständen außerdem gerade bei Gelenkaufnahmen sehr störend im Wege.

2. die schräge Gelenkaufnahme:

Die zweite Gruppe der Schädelröntgenaufnahmen umfaßt die Kiefergelenkaufnahmen. Auch hier wurde, wie bei den Sagittalaufnahmen, gefordert, daß man deckungsgleiche Aufnahmen herstellen solle. Riesner und Higley gaben 1936 die röntgenologischen Grundlagen für Gelenkaufnahmen und konstruierten auch Apparaturen, um ihre Forderungen zu erfüllen.

Maves verlangte 1938 „a technic which would give an accurate and exact duplication of the original roentgenogram“. Als Orientierungsebenen setzte er fest:

Frankfurter Horizontalebene

Orbitalebene

Sagittalebene

An Knochenpunkten bestimmte er:

Nasion, Prosthion, Porion, Occiput

Er stellte fest, daß die genaue Einstellung erschwert werde durch verschiedene Winkel der Kondylenachsen zur Sagittalebene. Er winkelt den Zentralstrahl um 15° — 20° gegen die Frontalebene ab und läßt ihn 2 Inches über dem Ohrkanal der Gegenseite in den Schädel eintreten.

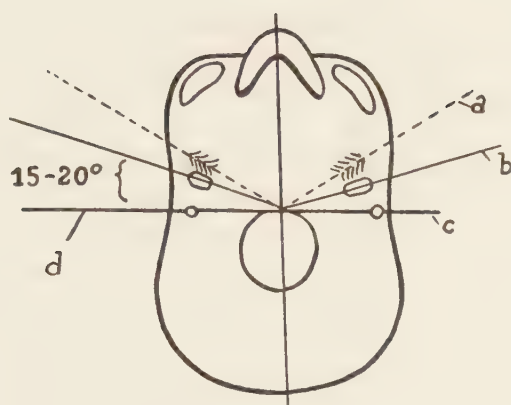


Abb. 1

- a = Tuberculum
- b = Kondylus
- c = Meatus acust. ext.
- d = Frontalebene

Riesner läßt den Zentralstrahl zwei Inches über und $1\frac{1}{2}$ Inches hinter dem meatus acusticus externus der Gegenseite eintreten. Er stellt den Zentralstrahl senkrecht, legt den Schädel auf eine Glasplatte, visiert das Tracion durch einen Spiegel auf das Fadenkreuz der Glasplatte ein, worauf das Ganze bis zum gewünschten Winkel gekippt werden kann. Das Tracion der Gegenseite wird durch einen Zeiger anvisiert.

Diese Einstelltechnik ist sehr schwierig, da nicht beide Punkte gleichzeitig anvisiert werden können.

Higley stellt wie Maves die Schwenkung der Kondylenachsen um 20° gegen die Frontalebene fest. Er spannt den Schädel in eine ähnliche Apparatur ein, wie sie Margolis konstruiert hat. Um die Schrägeinstellung zu erhalten, schwenkt er bei festgestelltem Kopf die Filmkassette und die Röntgenröhre bis in die gewünschte Winkelstellung. Dieses Vorgehen bedingt sehr große Apparaturen. Die Kassette wird um 20° nach vorn und 8° nach oben geschwenkt gegenüber der Frontal- und der Frankfurter Horizontalebene.

III. Eigene Untersuchungen

1. Anatomische Voraussetzungen:

Die grundlegende Forderung für unsere Untersuchungen bestand darin, den Schädel möglichst exakt und genügend fest zu fassen. Wir bemühten uns, mit möglichst einfachen Mitteln zum Ziele zu gelangen. Alle bisherigen Versuche, den Schädel mit mehr oder weniger komplizierten und kostspieligen Apparaturen zu fixieren, beruhten darauf, daß gewisse, möglichst eindeutig zu definierende Knochenpunkte durch Metallstifte festgestellt oder durch Zeiger anvisiert wurden. Die eindeutige Bestimmung der Knochenpunkte und ihre Uebertragung auf die entsprechenden Hautpunkte, die dann anvisiert werden, ist an sich schon nicht sehr einfach, und bei einer späteren Bestimmung wird man kaum den gleichen Punkt festlegen können.

Diese Ueberlegungen führten uns dazu, auf die Einstellung mit Hilfe von Zeigern ganz zu verzichten und den Schädel rein körperlich zu fassen durch Herstellung einer individuellen Gipskopfkappe.

Eine der besten Fixierungen des Schädels besteht darin, ihn durch zwei Ohrkanalstifte linear festzustellen (Riesner und Higley). Durch Drehung um diese Achse kann der Orbitalpunkt auf die gleiche horizontale Ebene wie die Ohrkanalstifte gebracht werden. Es ist nun aber gerade die Bestimmung des Orbitalpunktes (oder eines anderen Visierpunktes), welche schwierig und ungenau ist, weil sie subjektiv geschehen muß.

Die individuelle Gipskopfkappe gestattet es, den Schädel durch ein einziges Hilfsmittel dreidimensional zu fassen, ohne daß subjektive Faktoren zur Lagebestimmung beigezogen werden müssen.

Bei der Herstellung ist darauf zu achten, daß möglichst große und in verschiedenen Ebenen liegende Schädelflächen durch genau anliegende Teile der Gipskappe erfaßt werden. Diese Teile müssen durch genügend dicke, nicht federnde Zwischenstücke verbunden sein. Das Ganze soll dabei leicht abnehmbar und ebenso leicht wieder aufzusetzen sein. Diese letzte Forderung schließt es aus, die Kappe bis unter den Schädelaequator (größter Umfang in der Ebene der Schädelbasis) gehen zu lassen. Zu berücksichtigen sind ferner die Hautdicke und die Behaarung.

Die Hautdicke ist am geringsten dort, wo die Haut den Wölbungen der Schädelknochen aufliegt, also ungefähr entlang der Grenze des os frontale und auch an der Vorderkante des os occipitale. Hier ist eine längliche Knochenvorwölbung palpierbar, die vom processus mastoideus hinter der Ohrmuschel nach cranial verläuft. Es lag in unserem besonderen Interesse, diese vorspringenden Knochenpartien genau zu fassen.

Die Behaarung läßt sich weitgehend vernachlässigen, wenn die oben angeführten Stellen zur Verankerung der Kappe zugezogen werden. Die Stirnpartien sind von Natur aus frei von Behaarung, und die Auflagestellen hinter der Ohrmuschel lassen sich durch Scheitelung der darüber liegenden Haare im wesentlichen frei machen, wie die praktischen Versuche an Mädchen mit dicken Zöpfen bestätigten.

Die Verankerungspartien werden durch einen Gipsring um den Schädelaequator bedeckt. Damit dieser nicht nach unten abgleiten kann und um eine Basis zur Befestigung der Einstellapparatur zu erhalten, sind Tangentialverbindungen über die Höhe des Schädeldaches notwendig.

Eine weitere Forderung besteht darin, die Strahlenrichtung, d. h. das Strahlenbündel um den Zentralstrahl herum, frei zu halten von Teilen der Gipskappe, die natürlich auch einen leichten Röntgenshatten geben. Da die wichtigen Stellen, an denen die Kopfkappe genau anliegen muß, außerhalb des Bereiches des Strahlenbündels liegen, können eventuell im Wege liegende Teile weggeschnitten werden.

Es bleiben also zur freien Verwendung die Stirnpartie, die Teile des Occiput, die über dem Aequator liegen, die ganze Schädelkalotte und der Schädelaequator selbst, ausgenommen alle Abschnitte, die in den Bereich des Strahlenbündels fallen.

Da die vorliegende Methode die Möglichkeit schaffen soll, auch über längere Zeitabschnitte verteilt Vergleichsaufnahmen herzustellen, müssen auch physiologisch-anatomische Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

2. Wachstumsphysiologische Voraussetzungen:

Es stellt sich die Frage, ob nach einer gewissen Zeit die Kopfkappe überhaupt noch aufgesetzt werden kann. Die Kinder, die zur Untersuchung kommen, stehen mitten im Wachstum drin. Auch am

Schädel läßt sich noch ein Größenwachstum feststellen. Nach Davenport hat der Schädel im 5. Lebensjahr 91 % seiner endgültigen Größe erreicht. Im 16. Lebensjahr beträgt dieser Wert 98 %. Aus diesen Zahlen läßt sich schon ersehen, daß sich das Schädelwachstum in der Periode, in der unsere Patienten behandelt werden (8. bis 12. Jahr), in sehr engen Grenzen bewegen muß. Die Zeit des größten Schädelwachstums fällt in die ersten fünf Lebensjahre.

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, beträgt das Längenwachstum im 10. Lebensjahr nur 1,3 mm pro Jahr. Um diesen Wert läßt sich die Gipskappe infolge der Elastizität des Gipses ohne weiteres ausdehnen. Die Ausdehnung erfolgt dabei nach beiden Seiten gleichmäßig, so daß die Verankerung des Richtgerätes, die sich ungefähr in der Mitte der Kappe befindet, überhaupt nicht beeinflußt wird.

Wachstumstabelle nach Davenport.

Die Längenzunahme einiger Schädelmeßstrecken beim Kind.

Alter	Längenwachstum	Umfangwachstum	Breitenwachstum
	größter Abstand glabella-occiput	Abstand Tragion-Tragion über den Scheitel gemessen	Abstand Zygion-Zygion
Geburt bis $\frac{1}{2}$ Jahr	25 mm		
$\frac{1}{2}$ Jahr bis 1 Jahr	10 mm		
Geburt bis 1 Jahr		70 mm	6 mm
1.— 2. Jahr	10 mm	9 mm	5 mm
2.— 3. Jahr	3,8 mm	1,5 mm	0,8 mm
3.— 5. Jahr	1,7 mm		
3.— 6. Jahr			0,8 mm
3.—14. Jahr	1,3 mm	0,5 mm	
5.—16. Jahr			
6.—14. Jahr			0,5 mm

Tab. 1

Das Wachstum in die Höhe kann ganz vernachlässigt werden, da bei einem Umfangwachstum (Distanz Tragion-Tragion über die Kalotte gemessen) von nur 0,5 mm sich das Höhenwachstum rechnerisch nur auf 0,016 mm beläuft. Auch die Hautkompressibilität läßt noch einen gewissen Ausgleich zu.

3. Röntgenologische Grundlagen:

Um an Hand der Röntgenbilder vergleichende Messungen anstellen zu können, müssen die Gesetze der Optik beachtet werden. Die Zentralprojektion der Röntgenstrahlen bringt es mit sich, daß Abbildungsfehler entstehen. Diese können aber bei geeigneter Anordnung der Apparaturen vermieden oder doch verkleinert werden.

Riesner stellte schon die Bedingung auf, daß der Abstand zwischen Brennpunkt und Film konstant sein müsse, ebenso die Einfallswinkel des Zentralstrahles zur Filmebene einerseits und zum Objekt anderseits.

Higley verlangte, daß der Brennpunkt der Röhre möglichst weit weg vom Objekt, der Film aber möglichst nahe sein solle. Der Zentralstrahl müsse durch das Massenzentrum des darzustellenden Körpers gehen.

Diese Forderungen müssen auch für unsere Untersuchungen voll und ganz maßgebend sein. Es war daher ausgeschlossen, die Röntgenaufnahmen mit sogenannten Dental-Apparaten auszuführen, weil diese bei normaler Belichtungszeit viel zu nahe an das Objekt herangebracht werden müssen. Das bedingt wiederum starke Verzeichnungen. Wir sahen uns daher gezwungen, mit den viel stärkeren Apparaten, welche uns im Röntgenologischen Institut der Universität Zürich zur Verfügung standen, zu operieren.

Die Röntgenröhre, mit welcher wir dort arbeiteten, stellten wir in zwei Meter Distanz vom Patienten auf. Rechnet man durchschnittlich 4 cm Filmabstand vom aufzunehmenden Gelenk, so ergibt sich in 1 cm Abstand vom Zentralstrahl auf dem Film eine Verzeichnung von 0,2 mm. Diese geringe Verzeichnung spielt bei der gegebenen unscharfen Konturenzeichnung der normalen Röntgenaufnahme gar keine Rolle, sie kann daher vernachlässigt werden. Die Konstanz des

Abstandes des Brennpunktes von Film und Objekt (die einander immer möglichst angenähert wurden) war, durch Einhaltung des Abstandes von zwei Metern bei jeder Aufnahme, gewährleistet. Der Einfallswinkel des Zentralstrahles auf die Bildebene war durch die mechanisch fixierte Anordnung der Apparaturen ebenfalls gegeben. Auch die unveränderte Stellung des Schädels relativ zum Zentralstrahl war durch die Gipskopfkappe und die mit ihr verbundene Einstellapparatur gesichert.

Als Massenpunkt nahmen wir den Vorderrand des Kondylus an, weil sich in dieser Gegend voraussichtlich die Veränderungen, die zu untersuchen sind, abspielen.

Auf die Anwendung von Bucky-Blende oder Raster wurde verzichtet, um die Belichtungszeit nicht unnötig zu verlängern. Die schräge Kopfhaltung während der Aufnahme ermüdet, obsehon die Einstellung rasch geht, ziemlich stark, so daß, bei längerer Belichtung, durch Zittern oder Verschieben eher Ungenauigkeiten entstehen würden.

4. Festlegung der Richtung des Zentralstrahles:

Die Möglichkeiten und die Schwierigkeiten bei der röntgenologischen Darstellung des Kiefergelenkes wurden schon eingehend von Schüller, Riesner, Higley, Maves, Weber, Lindblom und andern untersucht. Es handelte sich für die vorliegende Arbeit daher nur noch darum, die für unsere Untersuchungen günstigsten, bewährten Einstellungen auszusuchen und sie auf unser Richtgerät zu übertragen.

Die einfache sagittale Einstellung, für die z. B. Korkhaus, Margolis, Dowell und Bolton Einstellapparaturen konstruierten, kam gar nicht in Frage, da auf diesem Wege, wegen der Ueberdeckung durch die gesamte Schädelbasis, keine deutlichen Gelenkbilder zu erhalten sind. Wir legten uns daher von vornherein auf eine Schrägeinstellung fest. Lindblom und Higley wiesen besonders darauf hin, daß die Richtung der Längsachse des Kondylus berücksichtigt werden muß. Sie ist ziemlich starken Variationen unterworfen, kann sie doch am gleichen Schädel auf den beiden Seiten wesentlich verschieden sein.

In der Horizontalen (von oben gesehen) findet sich aber in der Mehrzahl der Fälle eine Neigung von 20° gegen die Frontalebene. Die Achse verläuft also von vorn-außen nach hinten-innen.

Die Kondylenachse ist von vorn gesehen häufig auch einwärts-caudal geneigt in einem Winkel von durchschnittlich 8° gegen die Frankfurter Horizontale. Auch diese Neigung ist starken Schwankungen unterworfen, sie kann direkt ins Gegenteil umschlagen.

Lindblom und Higley haben bei ihren Untersuchungen aber nur die erste Neigung berücksichtigt und fordern daher eine Einstellung, welche den Zentralstrahl 2 cm occipital (dorsal) und 6 cm über dem porus acusticus externus der Gegenseite eintreten und am Vorderrand des Capitulum des aufzunehmenden Gelenkes austreten läßt. Sie nehmen dabei eine teilweise Ueberdeckung des Gelenkbildes durch das os petrosum in Kauf.

Riesner und Lysholm wählen die Einstellung, bei welcher der Zentralstrahl 2 cm vor und 6 cm über dem Porion eintritt und ebenfalls am Vorderrand des Kondylus austritt. Hierbei ist es möglich, zwischen der Erhebung der sella turcica und dem os petrosum und über der Schädelbasis durchzukommen, ohne daß der Körper des Capitulum zu stark verzeichnet und damit unscharf wird.

Wir entschieden uns für die Einstellung nach Riesner, weil uns vor allem daran gelegen war, eine saubere Darstellung der Gelenkanteile zu erhalten. Bei der Methode nach Lindblom werden die dorsalen Gelenkanteile durch das os petrosum überdeckt.

Es besteht auch die Möglichkeit, aus der Serie der Anfangsbilder die projektorisch günstigsten Fälle auszusuchen und nur bei diesen, nach durchgeführter Behandlung, die Schlußbilder zu machen.

Wir stellten zuerst an Hand von Probeaufnahmen in der gewählten Einstellung die Projektionsrichtung fest. Die günstigen Fälle (entsprechend der normalen Variationsbreite in der Richtung der Kondylenachse) wurden dann herangezogen, um zu beweisen, daß es mit der neu entwickelten Apparatur möglich ist, deckungsgleiche Röntgenbilder herzustellen.

Die beiden Visierpunkte werden gefunden, indem man die Frankfurter Horizontale waagrecht stellt, vom Porion aus 6 cm nach oben und 2 cm nach vorn mißt. Der gefundene Punkt kommt meist auf die Zirkulärbinde der Gipskappe zu liegen, wo er eingezeichnet wird. Auf der Gegenseite wird der Hautpunkt angezeichnet, unter dem man, bei

wiederholtem Oeffnen und Schließen des Mundes, durch Palpieren den Vorderrand des Capitulum feststellt. Auf diese Punkte werden dann die Visierbügel des Richtgerätes eingestellt.

5. Apparatur:

A. Vorhandene Einrichtungen:

Wie schon oben ausgeführt wurde, kam es wegen der starken Verzeichnung des Bildes nicht in Frage, sogenannte Dental-Apparate zu verwenden. Von den großen Spital-Röntgenapparaten, die uns im röntgenologischen Institut der Universität zur Verfügung standen, wählten wir die Einrichtung, bei welcher der Zentralstrahl waagrecht angeordnet ist.

Die Röhre ist in einem fahrbaren Stativ so aufgehängt, daß sie in vertikaler Richtung leicht verstellt und die Höhe über dem Boden mit Hilfe eines Zeigers auf einer Skala abgelesen werden kann. Das Stativ mit der Röhre wird als Ganzes auf Schienen gegen die Filmebene oder von ihr weg verschoben. Auch diese Verschiebung kann mit Hilfe eines Zeigers an Marken, die im Boden eingelassen sind, gemessen werden. Von der Bildebene weg befindet sich alle 50 cm eine solche Marke bis zum Abstand von drei Metern. Ist der Zeiger auf eine Marke eingestellt, befindet sich der Brennpunkt der Röhre genau in dem gegebenen Abstand von der Bildebene.

Die Bildebene hingegen ist stationär angeordnet. Sie wird festgelegt durch eine Holztafel, welche zwischen zwei Säulen vertikal verschoben werden kann. Die Höhe des Mittelpunktes dieser Tafel über dem Boden kann wieder durch einen Zeiger auf einer Meßstrecke festgestellt werden. Es ist also möglich, den Mittelpunkt der Bildebene und den Brennpunkt der Röhre in die gleiche Höhe über dem Boden einzustellen, resp. einander anzugleichen. Der Zentralstrahl trifft dann genau senkrecht auf die Bildebene und geht durch ihren Mittelpunkt.

Die Holztafel, welche die Bildebene markiert, trägt eine horizontale und eine vertikale Rille. Die Rillen stehen als Fadenkreuz senkrecht aufeinander und bezeichnen in ihrem Kreuzungspunkt den Mittelpunkt der Bildebene. Um diesen Mittelpunkt ist ein Kreis

gezogen von 49 cm Durchmesser. Auch dieser Kreis ist als Rille eingegraben.

Die Filmkassette wird mittels Klammern vor oder hinter dieser Holztafel befestigt. Sie kann parallel zu ihr nach jeder Richtung verschoben werden.

Ca. 50 cm vor der Bildebene läßt sich eine verstellbare Blende einschieben, um störende Randstrahlen auszuschalten.

Die beschriebene Apparatur läßt also den Abstand zwischen dem Brennpunkt der Röhre und der Bildebene einerseits und den Abstand von Zentralstrahl und Bildmitte vom Boden anderseits meßbar verändern. Der Zentralstrahl steht aber in jedem Fall senkrecht zur Bildebene.

Der Röhre kann als zusätzliche Kontrolle noch ein Auszugstativ vorgeschaltet werden, das die Richtung des Zentralstrahles angibt. An den Säulen, welche die verschiebbliche Holztafel mit dem Kassettenträger führen, sind auf jeder Seite je zwei Pelotten angebracht. Diese sind in jeder Richtung verschiebbar und dienen zur Fixierung und Ruhigstellung des Patienten.

B. Konstruktion des Richtgerätes:

Gegebene Faktoren waren Bildebene und Richtung des Zentralstrahles einerseits und Schädel des Patienten anderseits. Es galt nun, eine Beziehung zu finden zwischen Schädel und Bildebene.

Unsere Ueberlegung dabei war folgende:

Kann der Schädel relativ zur Bildebene eindeutig fixiert werden und kann diese Einstellung zu einem andern Zeitpunkt genau wiederholt werden, so muß auch der Zentralstrahl, der ja zur Bildebene unveränderlich (senkrecht) festgelegt ist, automatisch immer wieder in der gleichen Richtung resp. in der gewünschten Richtung durch den Schädel durchtreten.

a) Fassen des Schädels:

Die schwierigste und wichtigste Forderung bestand darin, den Schädel durch irgendeine Einrichtung eindeutig zu fassen. Von dieser

Einrichtung aus dann eine Beziehung zur Bildebene zu schaffen, war eine rein mechanisch-konstruktive Angelegenheit.

Fast alle früheren Versuche, den Schädel zu fixieren, bestanden darin, möglichst eindeutige Knochenpunkte durch Stifte anzuvisieren. Bevorzugt waren dabei sog. Ohrkanalstifte. Diese legten die Schädelstellung aber erst linear fest. Zur räumlichen Einstellung mußte noch ein Orbitalzeiger oder dgl. zugezogen werden. Die Einstellung der Zeiger ist aber subjektiv, daher ungenau. Wir versuchten nun, den Schädel mit einer einzigen Einrichtung dreidimensional zu fassen und wählten dazu die Gipskopfkappe, wie sie ähnlich in der Chirurgie zur Einrichtung von Fragmenten bei Oberkieferfrakturen verwendet wird. Sie läßt sich individuell der Kopfform genau anpassen, kann leicht abgenommen und wieder aufgesetzt werden. Geringe Lageverschiebungen, welche aber immer noch innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen liegen, zeigen sich sofort durch Druckgefühl oder Verklemmen an. Solange die Kappe also ohne zu drücken aufliegt, ist sie innerhalb der Fehlergrenze sicher eindeutig fixiert.

b) Verbindung zur Bildebene:

Diese wird hergestellt durch ein neu entwickeltes Gerät, das auf die Gipskappe aufgegipst wird (s. Abb. 2 und 3). Es besteht aus fünf Teilen:

1. 4-Kant-Stab mit Verankerungsdrähten
2. Schloß
3. Visierbügel zum Austrittspunkt des Zentralstrahles
4. Visierbügel zum Eintrittspunkt des Zentralstrahles
5. Verbindungsgerät zur Bildebene

ad 1: Um jede Verdrehung auszuschalten und um eine eindeutige Führung zu ermöglichen, muß den Teilen, die wiederholt aufeinandergeschoben werden sollen, ein kantiges Profil gegeben werden. Wir wählten als Stütze für das Einstellgerät einen 4-Kant-Stab, dessen Querschnitt 6 mm Kantenlänge aufweist. An diesen 10 cm langen Stab werden 2 ca. 20 cm lange, 2 mm dicke Neusilberdrähte angelötet. Quer auf diese Drähte werden alle 2 cm kurze Verstrebungen angebracht. Durch die Hitzeeinwirkung werden die relativ dicken Neusilberdrähte weich und biegsam, was sich beim Anbiegen als sehr

vorteilhaft erwies. Die Drähte werden auf der Kopfkappe angekipst, wodurch der 4-Kant-Stab fest fixiert wird. Er dient später als Träger des Einstellgerätes. Kopfkappe und 4-Kant-Stab bilden eine Einheit und müssen für jeden Fall besonders angefertigt werden.

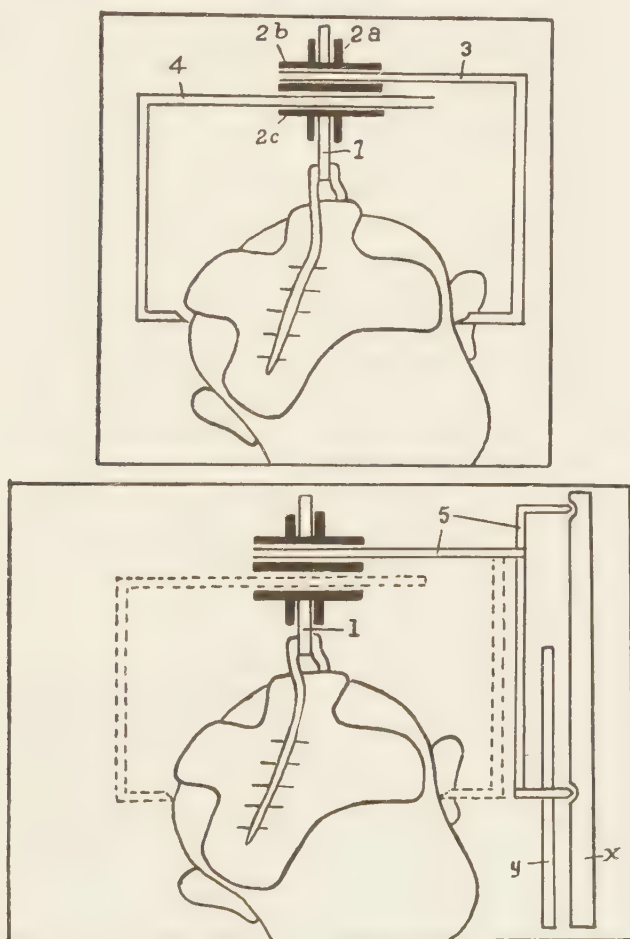


Abb. 2 und 3

x = Bildebene

y = Filmkassette

ad 2 (s. Abb. 7): Das Schloß ist mechanisch der wichtigste Bestandteil der ganzen Apparatur. Es besteht aus 3 Führungen. Die Führung a paßt als Hülse auf den 4-Kant-Stab. Senkrecht dazu sind 2 weitere Führungen (2b und 2c) von gleichen Dimensionen angelötet. Die Führung 2b dient zur Aufnahme des Visierbügels 3, die Führung 2c nimmt Visierbügel 4 auf. Jede Führung besitzt auf der freien Seite eine Stellschraube, mit welcher der eingeschobene 4-Kant-Stab festgestellt werden kann. Alle 3 Führungen wurden 5 cm lang gemacht, um Ungenauigkeiten, welche durch Ausweiten und Ausschleifen der Messingteile entstehen, möglichst klein zu machen.

ad 3: Der Visierbügel 3 wird in die Führung 2b eingeschoben; er besteht also an diesem Ende aus einem 4-Kant-Stab, der in die Führung paßt. Am freien Ende dieses Stabes ist im rechten Winkel ein Messingstab von T-Profil angelötet, der am Ende wieder im rechten Winkel umbiegt. Dieses letzte, ca. 5 cm lange Stück, ist zugespitzt und dient als Zeigerspitze. Sie wird am Austrittspunkt des Zentralstrahles direkt auf die Haut (anliegend) gerichtet. In die Führung am Schloß wird der Bügel gerade so weit eingeschoben, daß er auf der anderen Seite genau abschließt.

ad 4: Dieser Bügel gehört in die Führung 2c und geht nach der entgegengesetzten Seite, wie Bügel 3. Sein 4-Kant-Stab ist länger, so daß der ganze Bügel je nach der Schädelbreite mehr oder weniger weit eingeschoben werden kann, bis auch seine Zeigerspitze die Haut am Eintrittspunkt des Zentralstrahles berührt.

Die beiden Zeigerspitzen der Visierbügel weisen gegeneinander und liegen auf einer Linie, die mit dem Zentralstrahl zusammenfällt. Dieser steht also senkrecht zur Richtung des 4-Kant-Stabes 1. Die Visierbügel dienen lediglich zur Orientierung des 4-Kant-Stabes, dessen Ankerdrähte nun an die Kopfkappe angebogen und daran durch Gipsbinden fixiert werden. Je nach der gewünschten Richtung des Zentralstrahles (durch die Bügel anvisiert), erhält demnach der 4-Kant-Stab 1 eine andere Neigung und Richtung.

ad 5: Für die eigentliche Röntgenaufnahme müssen natürlich die beiden Visierbügel entfernt werden, da sie das gewünschte Gelenkbild gerade überdecken würden. Um die Verbindung zur Bildebene aufnehmen zu können, war es notwendig, das Einstellgerät außerhalb des Bildbereiches auf der Bildebene aufstehen zu lassen.

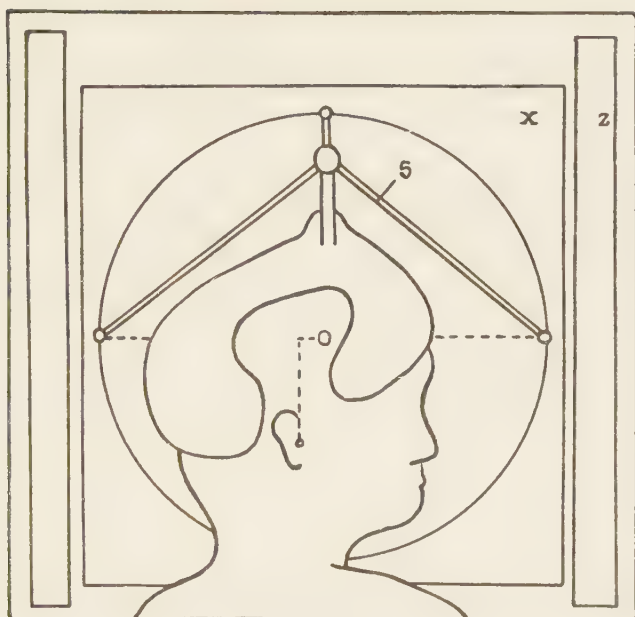


Abb. 4

x = Bildebene

z = seitliche Führungsschienen

Die bestehende Apparatur des Röntgeninstitutes gab uns nun schon einen Hinweis, indem auf der Tafel, welche die Bildebene darstellt, um die Bildmitte ein Kreis von 49 cm Durchmesser eingezeichnet ist (s. Abb. 4). Auf diesen Kreis stellten wir ein dreibeiniges Gestell (s. Abb. 8). Zwei dieser Beine sind lang, eines kurz, so daß die Verbindungsstelle nicht mit der Bildmitte zusammenfällt. Der Abstand zwischen dieser Verbindungsstelle und dem Kreismittelpunkt wurde nun genau gleich groß gemacht wie der kürzeste Abstand der Linie des Zentralstrahles (durch die Zeiger der Visierbügel festgelegt) und der Führung 2b. Vom Verbindungspunkt des Dreibeins wurde dann ein angelöteter 4-Kant-Stab bis zur Führung 2b gelegt, und damit war die Verbindung von der Kopfkappe zur Bildebene hergestellt unter Umgehung des Bildbereiches.

Für die Röntgenaufnahme wird an Stelle des Visierbügels 3 einfach das Dreibein eingeschoben (vgl. zw. Abb. 2 und 3) und durch die Stellschraube festgehalten. Stellt man die 3 Füße auf den 49 cm-Kreis, wird automatisch der Schädel zur Bildebene so eingestellt, daß der Zentralstrahl in der gewünschten Richtung durchtritt.

Wie aus Abb. 3 ersichtlich ist, kann durch verschieden tiefes Einschieben des Einstellgerätes in die Führung 2b der Abstand zwischen Film und aufzunehmendem Objekt verändert werden. Normalerweise schließt der Stab mit dem Ende der Führung gerade ab. Ist jedoch eine weitere Annäherung möglich, wird das nun überstehende Ende des Stabes in mm gemessen. Der Wert wird auf die Gipskappe geschrieben, um auch bei späteren Aufnahmen den genau gleichen Abstand wahren zu können.

6. Arbeit am Patienten:

A. Herstellung der Gipskopfkappe:

Es könnte gegenüber unserer Methode der Einwand erhoben werden, die Herstellung einer individuellen Gipskopfkappe für jeden einzelnen Fall sei viel zu kompliziert und zeitraubend. Dagegen ist zu sagen, daß wir die Methode nur zur Untersuchung von relativ wenig Fällen anwenden wollten und daß die Herstellung einer Kopfkappe durchschnittlich nur 30 Minuten braucht. Voraussetzung ist, daß das Material vorbereitet wird. Für die Herstellung einer Kappe benötigt man:

1. Gipsbinden „Cellona“, 10 cm breit. Diese werden aufgeschnitten in Streifen, von denen drei 60 cm lang sind, ca. zehn 45 cm lang und vier bis sechs 20 cm lang. Im gesamten braucht man also 4—5 Rollen aus einer „Cellona“-Normalpackung.
2. Eine Plastic-Badekappe zur Isolation des behaarten Kopfes.
3. Von der Apparatur das Schloß, die beiden Visierbügel und einen 4-Kant-Stab mit den angelöteten Ankerdrähten.

Visierbügel und Schloß werden ineinandergeschoben, wie Abb. 2 zeigt, und der 4-Kant-Stab ohne festzuschrauben angesteckt.

Nun wird der Patient vorbereitet, indem man zuerst die Haare so ordnet, daß die wichtigen Auflagestellen am Schädel möglichst frei sind oder nur von einem dünnen Haarpolster bedeckt werden. Zöpfe müssen aufgemacht werden, und die Haare werden gebündelt, indem längs des Knochenwulstes hinter der Ohrmuschel eine Art Scheitel gezogen wird. Die hintere Hälfte des Haarbündels wird mit derjenigen der Gegenseite im Nacken zusammengebunden. Die vordere Hälfte wird auf jeder Seite vor der Ohrmuschel abwärts geführt. Durch diese Maßnahmen können auch bei Mädchen mit dichten Haaren die wichtigen Auflagestellen hinter den Ohren weitgehend frei gemacht werden. Die Partien der Kopfkappe vor dem Ohr werden später doch weggeschnitten, um den Weg des Strahlenbündels freizuhalten, so daß dort ruhig auf ein genaues Anliegen der ersten Gipsbinden verzichtet werden kann. Bei Knaben mit kurzen Haaren erübrigt sich diese ganze Prozedur, die ganze Arbeit geht entsprechend einfacher und rascher.

Nicht einfach erschien uns zuerst die Isolation der Haare gegen die Gipsbinden. Zuerst verwendeten wir, wie es in der Chirurgie üblich ist, Krepppapier, das durch Heftpflaster festgehalten wurde. Es erwies sich jedoch als unbrauchbar, weil es zu dick war, sich leicht verschob, aufgeweicht wurde, in Fetzen ging und der Gips trotzdem in die Haare geriet. In allen späteren Fällen isolierten wir mit einer Badekappe aus dünnem Plastiestoff. Sie kann nur aufgestülpt werden, ist sehr dünn, läßt sich für jeden Fall wieder verwenden, isoliert vorzüglich und läßt sich auch sehr leicht vom Gips wieder abziehen.

Die Gipslagen werden in zwei Phasen aufgetragen. Zuerst werden die drei längsten Streifen als Zirkulärtouren um den Schädel gegeben, und zwar etwas oberhalb des Schädelaequators, die Enden wechselseitig rechts und links übereinander. Der so entstandene Ring wird nun unter leichtem Druck bis auf den Schädelaequator hinuntergeschoben, wobei er sich durch Anpassung auf den größeren Umfang anspannt und zum festen Aufliegen kommt. Die Frontal- und Occipitalpartie wird dann bis zum Erhärten des Gipses, was bei den „Cellona“-Gipsbinden 2 bis 3 Minuten dauert, mit der flachen Hand festgehalten und leicht angepreßt.

In der zweiten Phase werden die Schrägtouren quer über das Schädeldach gelegt (s. Abb. 6). Ein 40-cm-Streifen wird dabei z. B. hinter dem linken Ohr auf der Zirkulärtour angesetzt, schräg nach

oben über den Hinterkopf auf die rechte Seite geführt, wo er in halber Höhe nach frontal geht und schräg über die Stirne von rechts nach links in der linken Schläfengegend die Zirkulärtour wieder erreicht. So legt man rechts und links wechselseitig je zwei Touren.

Diese Grundform der Kappe läßt man nun unter dauerndem Festhalten während ca. 5 Minuten erhärten.

B. Angipsen des Einstellgerätes :

Die beiden Visierbügel werden mit dem Schloß wie in Abb. 3 zusammengefügt, so daß sie einen Bügel bilden, welcher den Schädel umspannt.

Dann wird die Richtung des Zentralstrahles festgelegt, indem der Eintritts- und Austrittspunkt aufgesucht und auf der Kopfkappe oder auf der Haut angezeichnet werden.

Für die folgende Phase ist eine Assistenz unbedingt notwendig, um ein rasches und genaues Arbeiten zu ermöglichen. Die Ankerdrähte am 4-Kant-Stab werden auseinandergebogen, bis sie ungefähr der Kopfform entsprechen. Der Stab wird nun in seine Führung gesteckt, worauf die Hilfe das Gerät so über den Kopf hält, daß die Spitze des Visierbügels 3 dem Hautpunkt über dem Gelenk anliegt. Der Visierbügel 4 wird eingeschoben, bis seine Spitze am Eintrittspunkt des Zentralstrahles die Kopfkappe berührt. Nun wird der 4-Kant-Stab so weit gesenkt, bis die Ankerdrähte die Kopfkappe tangieren. Sie werden wegen der besonderen Richtung des Zentralstrahles gerade auf eine der Schrägtouren der Kopfkappe auftreffen, wo sie knapp angebogen werden. Während dieser Arbeit hat die Assistenz nur darauf zu achten, daß die beiden Zeiger die gewünschten Punkte genau anvisieren und daß der 4-Kant-Stab etwa in der Mitte des Scheitels (auf der Höhe der Schädelkalotte) auf der Kopfkappe steht, wodurch gewisse Fehler ausgeschaltet werden. Kleinere Abweichungen gegen die Stirne oder gegen den Hinterkopf sind ohne Bedeutung, da die Linie des Zentralstrahles für den Schädel, das Einstell- und das Richtgerät die gemeinsame Achse darstellt. Die Richtung des Zentralstrahles durch den Schädel wird durch eine solche Schwenkung nicht beeinflusst.

Zuletzt werden die Ankerdrähte durch mehrere Lagen von Gipsbinden auf der Kopfkappe fixiert. Es muß dabei darauf geachtet werden, daß die Binden bis auf den 4-Kant-Stab geführt werden. Die weichen Ankerdrähte müssen bis über die Lötstelle hinaus von starren Gipslagen umschlossen sein, um ein nachträgliches Verbiegen zu verunmöglichen.

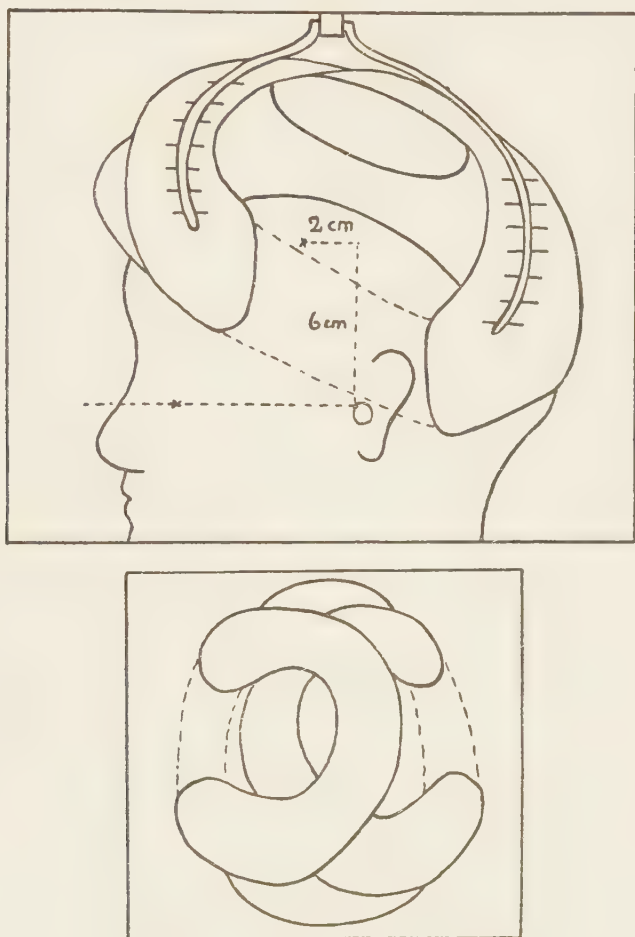


Abb. 5 und 6

Ansicht der Kopfkappe
von der Seite und von oben

Die Ankerdrähte sollen so lang sein, daß sie bis in die Frontal- und Occipitalpartien reichen, welche letzteren am Schluß noch durch mehrere Gipslagen verstärkt werden müssen, damit die ganze Kappe stabil genug wird und unerwünschtes Federn ausgeschlossen ist.

Das Ganze läßt man nun 10 Minuten trocknen, dann wird die Kappe abgehoben, und der Patient kann entlassen werden.

Da die Einzelteile der Apparatur bei verschiedenen Fällen gebraucht werden, müssen sie auseinandergenommen und entsprechend den neuen Verhältnissen wieder zusammengesetzt werden können.

Es ist daher unbedingt notwendig, die Stellung, welche sie bei einem bestimmten Fall zueinander einnehmen, eindeutig festzulegen, um sie bei Wiederholungen der Anfangsaufnahme genau reproduzieren zu können. Wie weit die Visierbügel in das Schloß eingeschoben werden, ist nicht wesentlich. Sie werden ja nur zur Einrichtung und Festlegung des 4-Kant-Stabes gebraucht. Zur Aufnahme werden sie entfernt und müssen auch bei Wiederholungen nicht mehr eingesetzt werden. Wir verzichteten daher auf ihre Markierung.

Sehr wichtig hingegen ist die genaue Festlegung der Höhe, bis zu welcher das Schloß auf den 4-Kant-Stab aufgeschoben wird. Bevor nach dem Angipsen der Bügel abgenommen wird, zeichnen wir an jeder Kopfkappe die Grenzen der Führung 2a (s. Abb. 2) mit einem spitzen Instrument auf dem 4-Kant-Stab an. Dieselbe Führung ist an einer Längsseite mit einer Markierungsrille versehen, die nach beiden Seiten auf den 4-Kant-Stab verlängert wird. Für jeden Fall ist damit die Stellung und Höhe des Schlosses eindeutig markiert.

Damit die Visierbügel immer in ihre eigene Führung und in der gleichen Richtung eingeschoben werden, wurde der eine Bügel mit zwei, der andere mit einer Rille versehen. Auch diese Rillen wurden auf die entsprechende Führung als Fortsetzung weitergezeichnet.

Wie weit das Richtgerät eingeschoben wird und wie diese Einstellung gemessen wird, wurde schon weiter oben angegeben.

Nach gründlichem Erhärten (einige Tage) werden die Grenzen, bis zu welchen die Kopfkappe gehen darf, angezeichnet und alles Ueberflüssige wegggeschnitten. An der Seite des aufzunehmenden Gelenkes wird noch eine Drahtmarkierung angebracht, um auf dem Röntgenbild später Vergleichs- und Distanzmessungen zu ermöglichen.

Jede Kappe wurde bezeichnet mit dem Namen des Patienten, dem sie gehört, und der Angabe von frontal, occipital, rechts und links.

Für jeden Fall, der zur Untersuchung kommt, muß diese Gipskopfkappe mit dem fest montierten 4-Kant-Stab hergestellt werden. Das Schloß, die Visierbügel und das Richtgerät bleiben für jeden Fall gleich; es wurde auch darauf geachtet, daß sie immer in gleicher Weise zusammengesetzt werden.

C. Die eigentliche Aufnahme:

Der Patient wird zuerst genau so vorbereitet, wie wenn die Gipskappe hergestellt werden müßte. Die Haare werden möglichst in der gleichen Weise gescheitelt und zusammengefaßt. Dann wird die Kopfkappe aufgesetzt. Die Isolierkappe wurde nicht mehr verwendet, da sie so dünn ist, daß sie auf den Sitz der Kopfkappe keinen Einfluß hat.

Allfällig vorhandene Regulationsapparate, welche die Bißlage verändern, müssen natürlich vor der Aufnahme entfernt werden, da wir ja das Gelenk bei zentraler Okklusion aufnehmen wollen. Um jede Verschiebung des Unterkiefers zu vermeiden, wird als zusätzliche Sicherung eine Gazebinde mehrere Male straff um den Kopf gewickelt. Sie wird unter dem Kinn durch und über die Kopfkappe geführt. Dadurch erreicht man gleichzeitig, daß sich die Kappe nicht lockern kann und fest angepreßt wird. Beim Montieren der Kopfkappe muß mehrmals kontrolliert werden, ob sie auch nirgends klemmt oder sich verschieben läßt.

Jetzt wird das Schloß, in welches das Richtgerät bereits eingeschoben ist, auf den 4-Kant-Stab gesetzt. Es folgt die Kontrolle, ob Höhe und Richtung des Schlosses relativ zum 4-Kant-Stab stimmen, worauf die Stellschraube angezogen werden kann.

Knapp vor die Bildebene wird ein Hocker gestellt, auf den der Patient placiert wird. Wie aus Abb. 8 ersichtlich ist, wird der Oberkörper gegen die Bildebene gedreht, und dann lehnt der Patient selbst die drei Füßchen des Richtgerätes leicht daran. Die Bildebene wird nun in der Höhe so weit verschoben, bis die drei Füßchen in die Rille des Kreises passen.

Infolge der Schrägstellung des Kopfes springt das Kinn am meisten gegen die Bildebene vor. Bleibt zwischen Kinn und Filmkassette noch ein Zwischenraum, schiebt man das Richtgerät mehr in

die Führung 2b hinein, wodurch der ganze Schädel, ohne seine Stellung gegenüber dem Zentralstrahl zu verändern, der Bildebene angenähert wird. Das Maß dieser Annäherung wird festgestellt, indem man die Länge des nun aus der Führung 2b herausragenden Teiles des Richtgerätes in mm mißt und auf der Kopfkappe aufschreibt. So kann auch bei allen späteren Aufnahmen die größtmögliche Annäherung des Objektes an den Film schon vor der Aufnahme eingestellt werden.

Ist der Patient sehr unruhig, erreicht man eine zusätzliche Fixierung, indem man die vorhandenen Pelotten von beiden Seiten an die Kopfkappe anstützt. Es ist jedoch auch möglich, mit dem Halt, den das aufgestützte Richtgerät bietet, auszukommen. Nun wird die Blende vorgeschaltet, die Röntgenröhre auf die gleiche Höhe mit der Bildebene gebracht, und dann kann belichtet werden.

Während der Exposition soll der Patient den Atem anhalten, um jede Unruhe zu vermeiden. Es ist auch darauf zu achten, daß die Füßchen des Richtgerätes möglichst mit gleichem Druck aufstehen.

Für einen Patienten benötigten wir zum Röntgen durchschnittlich 15 Minuten vom Aufsetzen bis zum Ablegen der Kopfkappe gerechnet.

Technische Daten:

Belichtungszeit	2,5 Sekunden
Spannung	65 Kilovolt
Leistung	100 Milliamp.
Brennpunktabstand	200 cm
Film	Ferrania - Film

Da wir für unsere Untersuchungen pro Fall mindestens zwei Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten benötigten, gingen wir so vor, daß bei einer Gruppe von mehreren Kindern einmal die Anfangsbilder gemacht wurden. Nach jeder Aufnahme wurde die ganze Apparatur abgenommen, demontiert und für den nächsten Patienten bereitgemacht. Auch die Haare ließen wir wieder ungefähr in die normale Lage bringen. War jedes Kind einmal aufgenommen, fingen wir die Reihe wieder von vorne an, indem jeder Fall wieder ganz neu

hergerichtet und montiert wurde. Für die zweite Einstellung verwendeten wir genau die Angaben, welche beim erstenmal aufgeschrieben worden waren.

Auf diese Art stellten wir zwei zeitlich getrennte Aufnahmen her, wobei wir darauf achteten, für die zweite Aufnahme annähernd die Bedingungen zu schaffen, wie sie nach einem längeren Intervall von Wochen oder Monaten auch herrschen würden.

7. Die Auswertung der Röntgenbilder:

Bei der Herstellung der Bilder waren drei Forderungen zu berücksichtigen:

1. Die einigermaßen konturenscharfe Darstellung des Gelenkes bei zentraler Okklusion.
2. Möglichst geringe Verzeichnung des Bildes der Gelenkanteile.
3. Die Möglichkeit der Erzeugung deckungsgleicher Aufnahmen.

Die röntgenologischen Grundlagen für die Forderungen 1 und 2 sind schon weiter oben gegeben worden. In den meisten Fällen gehen die Bedingungen, unter denen diese Forderungen erfüllt werden können, auseinander. Um auf dem gleichen Bild ein brauchbares Resultat zu erhalten, muß der beste Mittelweg gesucht werden. Die ideale axiale Aufnahme läßt sich beim Gelenk nicht verwirklichen, ohne ganz große Konzessionen an die Bildschärfe und an die Ausdehnung des Bildfeldes zu machen. Will man jedoch das Gelenkbild aus dem Störungsbereich der Schädelbasis herausrücken, erhält man je nach Achsenneigung eine mehr oder weniger starke Verzeichnung.

Wir versuchten zuerst, unter die von Riesner, Higley, Lindblom und andern angegebene Ueberhöhung des Zentralstrahles um 6 cm über das Porion zu gehen. Schon bei 5 cm aber war das ganze Gelenkbild von den Schädelbasis Schatten überdeckt. Die Konturen solcher Gelenkbilder sind aber sehr schwer zu erkennen und gestatten kaum ein verlässliches Ausmessen. Wir sahen uns gezwungen, diese Aufnahmen mit neu eingestelltem Richtgerät zu wiederholen, wobei, wie auch für alle späteren Fälle, eine Ueberhöhung von mindestens 6 cm

eingehalten wurde. Dadurch erreichten wir eine relativ günstige Darstellung der fossa, des tuberculum und des capitulum articulare.

Bei den meisten Aufnahmen ist der obere Teil des collum articulare noch recht gut sichtbar. Um es ganz auf die gleiche Aufnahme zu bringen, müßte die Neigung des Schädels und damit auch die Verzeichnung noch mehr verstärkt werden. Es empfiehlt sich daher, Veränderungen am collum an Hand besonderer Röntgenbilder (bei geöffnetem Mund, wie sie Pordes angegeben hat), zu studieren. Es ist hiefür ja nicht absolut nötig, auch die fossa articularis deutlich auf dem Bild zu haben, da an der mandibula selbst genügend Beziehungspunkte für die Ausmessung vorhanden sind.

An Hand der Röntgenbilder lassen sich auch die infolge der Achsenneigung projektorisch ungünstigen Fälle ausscheiden.

Die dritte Forderung war, durch die Problemstellung für vorliegende Arbeit, als Ausgangspunkt für unsere Untersuchungen aufgestellt worden. Sie ist, wie langjährige Versuche in Amerika und Schweden zeigen, weitaus am schwierigsten zu erfüllen. Wir glauben aber, mit unserer Methode einen gangbaren Weg gefunden zu haben. Unsere Aufnahmen umfassen in der Regel den ganzen Schädel und einen Teil der Halswirbelsäule dazu. Durch das Anfügen eines Markierungsdrahtes mit kantigem Ende an die Kopfkappe haben wir die Möglichkeit geschaffen, Meßstrecken zu einigen gut markierten Merkpunkten auf dem Röntgenbild zu ziehen. Diese erlauben vergleichende Messungen, um den Grad der Abweichung bei den Vergleichsbildern festzustellen.

Es war kaum anzunehmen, daß alle Kontrollbilder sich ganz eindeutig mit der ersten Aufnahme decken würden. Wir mußten daher die Grenzen festlegen, bis zu denen Abweichungen gehen dürfen, ohne eine spätere Vergleichsmessung für eine wissenschaftliche Auswertung sinnlos zu machen.

Da die Meßungenauigkeit bei Röntgenaufnahmen mit $\pm \frac{1}{4}$ mm angenommen werden darf, somit die größtmögliche Differenz zweier verschiedener Messungen $\frac{1}{2}$ mm beträgt, sind alle Aufnahmen, die im normalen Meßbereich (Gelenk bis Spitze des Markierungsdrahtes) keine größeren Differenzen der Meßstrecken als $\frac{1}{2}$ mm aufweisen, als gut zu taxieren. Die Anfangs- und Schlußbilder, die diese Bedingungen erfüllen, können zu direkten Vergleichsmessungen herangezogen werden.

Zur Schonung der Originalaufnahmen führten wir die Auswertung an Durchzeichnungen durch, auf denen die gut und eindeutig feststellbaren Konturen besonders markiert waren.

Für die Auswertung und die Beurteilung der Möglichkeiten der neuen Methode wurden sämtliche Fälle, vom ersten Versuch an, verwendet. Es wurde kein Fall weggelassen. An 15 Patienten stellten wir vor Beginn der Distalbißbehandlung die Gipskappen her. Von allen wurde je ein Anfangsbild und für unsere Untersuchungen ein Kontrollbild gemacht. Bei zwei Patienten wurde in der Folge die Richtung des Zentralstrahles geändert, die Apparatur neu angegipst und die beiden Aufnahmen wiederholt. Es war dies nötig, weil auf den ersten Bildern die Darstellung des Gelenkes ungenügend war. Für die Beurteilung der Methode standen uns daher je 17 Anfangsbilder mit den dazugehörigen Kontrollbildern zur Verfügung.

Unter diesen 17 Fällen befinden sich drei, welche eine ideale Ueberdeckung der Vergleichsbilder zeigen (s. Tab. 2). Weitere 12 Fälle weisen zwischen den entsprechenden Gelenkmeßstrecken Differenzen von höchstens $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{2}$ mm auf. Nur 2 Fälle ergaben Abweichungen von mehr als $\frac{1}{2}$ mm.

Von den angeführten 17 Beispielen fallen also 15 in den Bereich der oben angegebenen Genauigkeitsgrenzen; sie lassen sich daher ohne Korrekturen direkt auswerten.

Es muß hier festgehalten werden, daß alle 17 Fälle ohne Unterschied genau gleich vorbereitet wurden und auch nur je zweimal zur Röntgenaufnahme gelangten, nämlich für das Anfangs- und für das Schlußbild (Kontrollbild). In keinem Fall wurden zur Verbesserung des Resultates weitere Kontrollaufnahmen gemacht. In zwei oder drei Fällen mußte die erste oder die zweite Aufnahme wiederholt werden, da durch Unruhe des Patienten während der Aufnahme eine Verschiebung der Einstellapparatur aufgetreten war. Die Fehlaufnahmen wurden jeweils gar nicht entwickelt und sofort vernichtet.

Die erreichten Resultate sind daher als primär zu betrachten und lassen Schlüsse zu auf die Wahrscheinlichkeit, mit welcher bei späteren Kontrollbildern genügend deckungsgleiche Aufnahmen zu erzielen sind.

Unter den 17 Fällen befanden sich schon im ersten Versuch neun Fälle, deren Abweichung von höchstens $\frac{1}{4}$ mm dem angenommenen einfachen Meßfehler entspricht. Sie lassen sich daher ohne weiteres

direkt miteinander vergleichen. Auch die 6 Fälle mit Abweichungen bis $\frac{1}{2}$ mm liegen immer noch innerhalb der Meßfehlergrenzen (doppelte Größe des einfachen Meßfehlers).

In Tabelle 2 sind die Resultate zusammengestellt. Um die Messungen möglichst genau zu machen, wählten wir als Meßstrecke auf dem Röntgenbild die längste gut markierte Strecke, welche von der Spitze des Markierungsdrahtes aus in der Richtung auf das Gelenk zu finden war. Diese Strecke bestand entweder in der Distanz

Zeigerspitze — Gonion oder

Zeigerspitze — Gnathion.

Zusammenstellung der Ergebnisse:

Name	Differenz der längsten Meßstrecken	Reduzierte Differenz für Gelenkmeßstrecken
Irma M. II.	fast 0,0	0,0
Susi G.	fast 0,0	0,0
Ruth Z.	fast 0,0	0,0
Eleonore N.	0,5	0,12
Susi A.	0,5	0,12
Peter R.	0,5	0,12
Irma M. I.	0,5	0,12
Uli F.	1,0	0,25
Marlies T.	1,0	0,25
Hans Sch.	1,5	0,35
Silvia Ch.	1,5	0,35
Heidi Sch.	1,5	0,35
Annette R. I.	1,5	0,35
Annette R. II.	2,0	0,5
Annemarie S.	2,0	0,5
Franziska S.	4,0	1,0
Connie M.	5,0	1,25

Tab. 2

In der ersten Kolonne der Tabelle sind die Differenzen der gemessenen längsten Strecken angeführt, in der zweiten Kolonne die rechnerisch auf den Gelenkabstand reduzierten Abweichungen, die dann bei Vergleichsmessungen im Gelenk Gültigkeit haben.

Die Darstellung des Gelenkes gelang in 7 Fällen sehr deutlich, in 6 Fällen genügend, in 4 Fällen schwach. Es zeigte sich, daß mit der gewählten Einstellung das Gelenk nur in 3 Fällen in einer projektorisch günstigen Achse getroffen wurde. Bei allen andern Fällen ist das capitulum articulare schräg zur Längsachse getroffen. Trotzdem konnten die Gelenkanteile der Schädelbasis und auch des Unterkiefers in einer für Meßzwecke genügenden Konturenschärfe dargestellt werden.

8. Grenzen der Genauigkeit, Fehlerquellen, Korrekturen:

Die Fehler, welche ihre Ursache in der bestehenden Röntgenapparatur haben, und die Veränderungen am Schädel infolge Wachstums, wurden schon beschrieben. Es bleibt hier nur noch festzustellen, wo sich bei unserer Apparatur die Fehlerquellen befinden und wie sie sich auswirken. Die Dimensionen der mechanischen Teile wurden so gewählt, daß, entsprechend der Belastung, in der Richtung der Beanspruchung keine Verbiegung auftreten kann. Auch wenn die Einzelteile nicht genau eingeschoben werden, bedingt das höchstens eine Verschiebung in der Tiefe oder seitlich. Da sich diese Abweichungen in sehr kleinen Grenzen halten, erzeugen sie wegen der annähernden Parallelität der verwendeten Röntgenstrahlen keine meßbaren Fehler. Die größte und wichtigste Fehlerquelle sehen wir in der Möglichkeit der Verkantung. Diese kann auftreten

- a) wenn die drei Füßchen des Richtgerätes nicht gleichmäßig auf die Bildebene aufgesetzt werden,
- b) wenn sich die Kopfkappe mit der Haut gegenüber dem Schädel verschiebt.

Die erste Möglichkeit wird weitgehend ausgeschaltet, wenn bei genügender Augenkontrolle die drei Füßchen des Richtgerätes vom

Patienten selbst unter möglichst gleichmäßigem Druck auf die Bildebene aufgesetzt werden. Dieser gleichmäßige Druck kann bei der durch die Projektion bedingten starken Schräglage des Kopfes oft nicht leicht eingehalten werden. Wird nun eines der Füßchen stärker angedrückt, überträgt sich diese einseitige Belastung über das Einstellgerät auf die Kopfkappe und diese kann sich nun entsprechend der Verschieblichkeit der Haut in bestimmten Grenzen gegenüber dem Schädel verlagern. Diesen Fehler versuchten wir zu verkleinern, indem wir durch Gazebinden die Kappe möglichst fest an den Schädel anpreßten.

Weitere Fehlerquellen wären zu finden in der falschen Einstellung der Röhre oder in Verschiebungen während der Aufnahme. Bei einiger Aufmerksamkeit lassen sich diese Betriebsunfälle aber vermeiden, insbesondere man mit der Einrichtung des Zentralstrahles gegenüber dem Objekt ja nichts mehr zu tun hat.

Es ist auch besonders darauf zu achten, daß keine vorspringenden Teile des Schädels oder der Kopfkappe auf der Filmkassette aufstehen. In diesem Fall ist es eventuell unter Druck noch möglich die Füßchen des Gerätes gleichmäßig aufzustellen. Man erhält dadurch aber fast mit Sicherheit eine exzentrische Verschiebung der Kopfkappe.

Die Genauigkeit, welche bei Ausmessungen von Röntgenbildern erreicht wird, ist primär begrenzt durch die Schärfe resp. die Unschärfe der Konturenzeichnung. Es ist bei den Filmaufnahmen nicht zu vermeiden, daß sich Unschärfen ergeben

aus der seitlichen Streuung der Strahlen,
aus der Körnung der lichtempfindlichen Schicht und
aus der räumlichen Gestaltung des aufzunehmenden Objektes,

um nur die wichtigsten Ursachen zu nennen. Die Konturen, welche im Röntgenbild zu Messungen herangezogen werden, entsprechen meist der größten Wölbung des im Schattenbild dargestellten Körpers. Wird dieser um ein wenig gedreht, verändert sich die Kontur natürlich entsprechend. Eine Verdrehung darf nun sicher in Kauf genommen werden, wenn die Veränderung der Kontur nicht größer ist, als die normale Meßungenauigkeit, infolge der oben angeführten Ursachen, beträgt.

Die gleichen Ueberlegungen führen aber auch dazu, daß durch vergleichende röntgenologische Messungen nur solche Veränderungen eindeutig festgestellt werden können, welche linear mindestens doppelt so lang sind, als die durchschnittliche Meßfehlerlänge beträgt. Nehmen wir beim Röntgenbild Meßfehler von $\pm \frac{1}{4}$ mm an, so sind also nur Veränderungen von mindestens $\frac{1}{2}$ mm sicher feststellbar.

Da wir durch die Aufnahme des ganzen Schädels über Kontrollstrecken verfügten, welche bis viermal so lang waren, wie die eigentliche Meßstrecke vom markierten Punkt zum Gelenk, setzten wir die zulässige Abweichung in der Länge der größten Kontrollstrecke der beiden Vergleichsbilder auf 2 mm fest.

Es hat keinen Sinn, bei der beschränkten Genauigkeit der primären Messungen, durch Serienmessungen und Ausrechnung von Mittelwerten zu einem scheinbar genaueren Resultat zu gelangen.

Wir versuchten aber, um auch Vergleichsbilder mit mehr als 2 mm Abweichungen auswerten zu können, eine Korrekturmöglichkeit zu schaffen. Vom Anfangsbild wurden die wichtigsten und gut begrenzten Konturen durchgezeichnet (gepaust). In diese Durchzeichnung legten wir an mehreren gut markierten Stellen Punkte fest, zu welchen von der Spitze des Markierungsdrahtes aus die Kontrollstrecken eingezeichnet wurden (s. Abb. 9). Diese wurden numeriert. Die Länge sämtlicher Kontrollstrecken wurde nun zuerst auf dem Anfangs-, dann auf dem Vergleichsbild bestimmt. Ihre Summe auf jedem Bild wurde dann durch die Anzahl der Strecken geteilt, und so erhielten wir die mittlere (durchschnittliche) Kontrollstreckenlänge a für das Anfangs- und b für das Vergleichsbild. Die Differenz von a und b ergibt dann die durchschnittliche Abweichung in den Messungen bei beiden Bildern.

Diese Meßdifferenzen bestehen sowohl bei den langen Kontrollstrecken, als auch bei den kurzen Gelenkmeßstrecken. Bei den kurzen Strecken sind die Abweichungen aber, entsprechend dem kürzeren Hebelarm, weniger groß. Es ist daher leichter und genauer, die Differenzen mittels der langen Strecken zu bestimmen und sie rechnerisch auf die kleineren Differenzen der kurzen Strecken zu reduzieren. Neben der mittleren Kontrollstreckenlänge (a und b) auf beiden Bildern benötigt man noch den Abstand des gewünschten Gelenkmeßpunktes im Anfangsbild (c).

Der Wert, um den im Kontrollbild die Länge der Gelenkmeßstrecke korrigiert werden muß, läßt sich dann nach dem Verhältnsprinzip berechnen.

Die Länge der mittleren Kontrollstrecke (a) verhält sich zur Gelenkmeßstrecke (c) wie die Differenz der mittleren Kontrollstrecken von Bild a und b ($= b - a$) zur Differenz der Gelenkabstände c und d ($= d - c$).

Diese letzte Differenz ist gleich dem Korrekturwert x. Als Formel ausgedrückt lautet das:

$$\frac{a}{c} = \frac{b - a}{d - c}$$

a = mittlere Kontrollstrecke im Anfangsbild

b = mittlere Kontrollstrecke im Vergleichsbild

c = Gelenkmeßstrecke im Anfangsbild

d = entsprechende Gelenkmeßstrecke im Vergleichsbild

$b - a$ = Differenz der mittleren Kontrollstrecken von Anfangs- und Vergleichsbild

$d - c$ = Differenz der Gelenkmeßstrecken von Anfangs- und Vergleichsbild. Diese Differenz entspricht der gesuchten Korrekturgröße x

Um den gesuchten Korrekturwert x direkt bestimmen zu können, läßt sich die Formel vereinfacht schreiben:

$$x = \frac{c (b - a)}{a}$$

Bei Veränderungen im Gelenk müssen die gemessenen Distanzen um den Korrekturwert x vergrößert oder verkleinert werden, je nachdem die mittlere Kontrollstrecke im Vergleichsbild größer oder kleiner ist als im Anfangsbild.

Bei der Festlegung der Kontrollstrecken ist darauf zu achten, daß sie nicht zu Punkten gelegt werden, die ihrerseits auch Veränderungen unterliegen. Die an sich meist gut markierten Zahnhöcker z. B. können also nicht verwendet werden, da die Zähne in dem Alter, in dem unsere Patienten zur Behandlung kommen, mitten im Durchbruch stehen und innerhalb kurzer Zeit wesentliche Lageveränderungen durchmachen.

9. Anwendungsmöglichkeiten der neuen Methode:

Es liegt in der Aufgabestellung für vorliegende Arbeit begründet, daß wir keine Methode zur allgemeinen Verwendung schaffen wollten. Es sollte lediglich die Möglichkeit gegeben werden, um in einer relativ geringen Anzahl von Fällen abklären zu können, welche Veränderungen sich im Kiefergelenk abspielen im Laufe der orthodontischen Distalbißbehandlung.

Dennoch könnten sich auch für andere Zweige der Zahnheilkunde und der medizinischen Wissenschaft weitere Anwendungsgebiete ergeben, nämlich überall dort, wo am Schädel im Laufe der normalen Entwicklung oder als Begleiterscheinung einer Erkrankung Veränderungen am Knochen auftreten, die eine Kontrolle mittels deckungsgleicher Röntgenbilder, die zu verschiedenen Zeitpunkten hergestellt werden, wünschenswert erscheinen lassen.

IV. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, die Voraussetzungen zu schaffen, um die Veränderungen, die im Kiefergelenk im Lauf der orthodontischen Distalbißbehandlung auftreten, untersuchen zu können. Als Mittel wählten wir die vergleichende Röntgenaufnahme und konstruierten eine Apparatur, welche gestattet, zu verschiedenen Zeitpunkten am gleichen Patienten die am Anfang der Behandlung hergestellte Röntgenaufnahme zu wiederholen. Das Hauptaugenmerk richteten wir darauf, deckungsgleiche Bilder zu erhalten und die Richtung des Zentralstrahles mit Hilfe der Apparatur so festzulegen, daß eine gute Darstellung der Gelenkanteile erreicht wird. Diese Einstellung erfolgt nach *Riesner*, welcher den Zentralstrahl 6 cm über und 2 cm vor dem Porion eintreten und am Vorderrand des capitulum articulare des aufzunehmenden Gelenkes austreten läßt.

Die Herstellung deckungsgleicher Bilder erreichten wir durch eine neuartige Fixierung des Schädels mit Hilfe einer Gipskopfkappe. Diese muß für jeden Patienten individuell hergestellt werden. Als Verankerung für das Einstellgerät dient ein vierkantiger Metallstab, der auf der Kopfkappe fest angekipst wird, nachdem er durch ein besonderes Visiergerät eingerichtet worden ist.

Die Apparatur wurde an eine vorhandene Einrichtung im Universitätsröntgeninstitut angepaßt; sie kann aber für jede andere, genügend starke Anlage umgeändert werden, sofern das Strahlenbündel waagrecht verläuft und in der Höhe verstellt werden kann.

Die Auswertung der Resultate ergab, daß von 17 untersuchten Fällen 15 eine genügende bis sehr gute Ueberdeckung von Anfangs- und Kontrollbild ergaben.

Hinweise auf Fehlerquellen, Korrekturen und Anwendungsmöglichkeiten der Methode beschließen die Arbeit.

Literaturverzeichnis

- Breitner Carl. Experimentelle Veränderungen der mesiodistalen Beziehung der oberen und unteren Zahnreihe. Zeitschr. Stomat 28, 1930.
- Breitner Carl. Distalverschiebung des Unterkiefers mittels intermaxillärer Gummizüge. Zeitschr. Stomat 29, 1931.
- Broadbent Holly. A new x-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod. I, 1931.
- Broadbent Holly. The orthodontic value of cephalometric studies in facial growth with the roentgenographic cephalometer: The use of x-ray silhouettes intracing facial growth. Jour. Dent. Res. 13, 1933.
- Broadbent Holly. Bolton standards and technique in orthodontic practice. Angle Orthod. 7, 1937.
- Brodie Allan. On the growth pattern of the human head from the third month to the eighth year of life. Amer. Jour. Anat. 68, 1941.
- Davenport Charles B. Postnatal growth of the head, Proc. Am. Philos., Soc. 83: No. I, 1940.
- Davenport Charles B. Developmental curve of head height, head length and its inheritance, Amer. Jour. Phys. Anthropol., 26, 1940.
- Dowell Robert. The use of lateral head Radiographs for evaluating orthodontic Results as distinguished from Growth Changes. Amer. Jour. Orthod. and O. Surg. 27, 1941.
- Eicke Benno. Beitrag zur Kenntnis der die Bißlage bestimmenden Faktoren und ihrer Verwertung für die Aufstellung des kieferorthopädischen Behandlungsplanes. Diss. Zürich, 1941.
- Goldstein Marcus S. Changes in dimensions and form of the face and head with age. Amer. Jour. Phys. Anthropol. 22, 1936.
- Higley L. B. A Head positioner for scientific radiographic and photographic Purposes. Int. Jour. Orthod. 22, 1936.
- Higley L. B. A new and scientific method of producing temporomandibular articulation Radiograms. Int. Jour. Orthod. and O. Surg. 22, 1936.
- Higley L. B. Preliminary study of orthodontic Results as revealed by roentgenographic cephalometric Records. Amer. Jour. Orthod. and S. Surg. 24, 1938.
- Higley L. B. Technic and advantages of simultaneous Reproduction of hard and soft tissues in profile Roentgenography. Jour. Amer. Dent. Asso. 26, 1939.

- Higley L. B. Lateral head Roentgenograms and their relation to the orthodontic Problem. *Amer. Jour. Orthod. and O. Surg.* 26, 1940.
- Hofrath Herbert. Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. *Fort. Orthod.* I, 1931.
- Hotz R. *Orthodontische Fortbildung*, 1947.
- Korkhaus G. Scientific and practical Importance of facial Teleroentgenography. *Int. Jour. Orthod. and O. Surg.* 22, 1936.
- Korkhaus G. Die Auswertung des Fernröntgenbildes in der Kieferorthopädie. *Deutsche Z-M-Kieferheilk.* 3, 1936.
- Lindblom Gösta. Technique for Roentgen-Photographic Registration of the different condyle positions in the temporomandibular joint. *Svensk tandläkare Tidskrift* Häfte 4, 1936.
- Lysholm Erik. Apparatus and technique for roentgen Examination of the skull. *Kungl. Boktryckeriet P. A. Norstedt*, 1931.
- Margolis Herbert. Standardized X-Ray Cephalographies. *Amer. Jour. Orthod. and O. Surg.* 26, 1940.
- Maves W. Radiology of the temporomandibular articulation with correct registration of vertical dimension for Reconstruction. *Jour. Amer. Dent. Asso. and Dent. Cosmos.* 25, 1938.
- Mühlemann H. Der Propulsor. *Deutsche zahnärztliche Zeitschr.*, 1948.
- Rehak R., *Zeitschr. für Stomatologie*, 1935.
- Riesner Sidney E. Temporomandibular articulation: its consideration in orthodontic diagnosis. *Int. Jour. Orthod. and O. Surg.* 22, 1936.
- Riesner Sidney E. Roentgentechnique for the mandibular joint. *Int. Jour. Orthod. and O. Surg.* 23, 1937.
- Riesner Sidney E. Temporomandibular reactions to occlusal anomalies. *Jour. Amer. Dent. Asso. and Dent. Cosmos.* 25, 1938.
- Salzmann J. A. Principles of orthodontics. J. B. Lippincott Company U. S. A., 1943.
- Schmuziger P. und Hotz R. Der Zürcher Photostat. *Schweizer Monatssehr. f. Zahnheilk.*, 1941.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. Rud. Hotz, möchte ich an dieser Stelle danken für die Ueberlassung des Themas, für seine Anregungen und für die Durchsicht der Arbeit.

Ich danke auch Herrn Prof. Schinz, Leiter des Röntgeninstitutes, der in zuvorkommender Weise die notwendigen Apparaturen zur Verfügung stellte und die Aufnahmen ermöglichte, ebenso Herrn Dr. Mühlemann für seine wertvollen Ratschläge und Literaturangaben.

Herrn Büchi, Techniker am Zahnärztlichen Institut, verdanke ich die tadellose Herstellung der mechanischen Teile der Einstellapparatur.



Abb. 7



Abb. 8

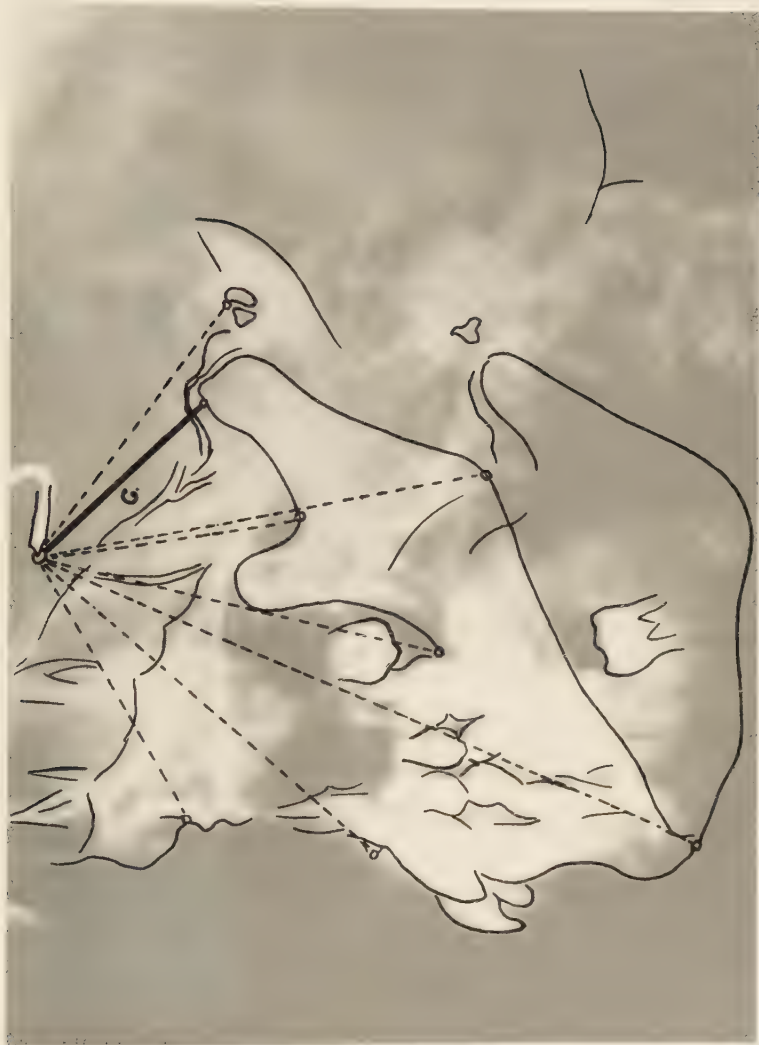


Abb. 9





Abb. 9

Curriculum vitae

Am 28. Mai 1920 wurde ich in Zürich geboren, wo ich die Schulen besuchte. Nach sechs Jahren Primarschule und einem Jahr Sekundarschule trat ich in das kantonale Realgymnasium ein.

Die Entlassung nach bestandener Matura fiel in die Zeit der Kriegswirren und der Mobilmachung der Armee. Infolge Militärdienst war es mir nicht möglich, sogleich mit dem Studium anzufangen. Mein Vater ließ mir völlig freie Berufswahl, und schon während der Gymnasialzeit entschied ich mich für das Studium der Zahnheilkunde. Endlich konnte ich im Jahre 1941 an der Universität Zürich mit meinen Studien beginnen. Nach einigen, durch Militärdienst bedingten Unterbrechungen, bestand ich 1944 die naturwissenschaftliche und 1945 die anatomisch-physiologische Prüfung für Aerzte. Das zahnärztliche Fachstudium betrieb ich an der Universität Zürich, wo es 1948 mit dem eidgenössischen Staatsexamen abgeschlossen wurde.

Küsnacht, den 20. Januar 1949.

Heinz Bräuer

Küsnacht-Zürich
Bahnweg 12

